

Л.А.Мажуль

## Память как фундамент информационных процессов.

### I. Структура системы

**Резюме.** Первую ступень переработки информации составляет кратковременная (оперативная, или рабочая) память, имеющая ограниченный объем – до 7-9 ячеек. Мышление осуществляется через эту ступень, и если заняты все ее ячейки, – то дальнейшая переработка информации невозможна. Другая, долговременная ступень характеризуется большим объемом и длительностью хранения информации. Для лучшей переработки информации, поступающей в долговременную память из кратковременной, необходимо “упрощающее кодирование” – переход от образов в систему знаков и понятий, с учетом оптимальности бинарных и тернарных классификаций.

**Ключевые слова:** система, кратковременная память, долговременная память, информация, кодирование, знаки, символы, бинарные классификации, тернарность.

#### 1. Парадоксы человеческой памяти

*Все жалуются на свою память,  
но никто на ум.*

*Ф. Ларошфуко*

Как известно, память – это функция психики, позволяющая человеку запоминать, хранить и накапливать информацию, а в дальнейшем при необходимости воспроизводить. Великие творцы, гении во многих случаях имели феноменальную память, отчасти данную от рождения, но чаще – развитую в процессе постоянных упражнений. Феноменальная память – почти всегда признак выдающихся способностей. Феноменальной памятью обладали Айвазовский, Моцарт, Рахманинов, Лист, Черчилль, Наполеон и другие. Великие личности не только наслаждались гигантской памятью, но и использовали эту способность в сфере своих достижений. Так, известный музыкант и дирижер Артур Тосканини мог помнить каждую ноту каждого произведения, которые он только слышал во всей своей жизни. Однажды, когда он должен был исполнять очень старое произведение, непосредственно перед концертом обнаружилось, что ноты утеряны. Тогда он быстро написал этот отрывок по памяти. Позднее после исполнения и сравнения с найденными нотами он обнаружил ошибку лишь в одну ноту. Александр Македонский помнил имена всех своих воинов. Академик Иоффе наизусть помнил всю таблицу логарифмов. Билл Гейтс помнит сотни кодов программного языка, который он создал.

Часто чемпионы по шахматам обнаруживают феноменальную память, играя вслепую против многих сильных игроков одновременно. При изучении этого феномена Чейз и Саймон сравнили навыки начинающего шахматиста, игрока класса А и бывшего чемпиона мира по шахматам Ханса Берлинера. Экспериментаторы показали им на короткое время шахматную доску с фигурами на ней и попросили по памяти реконструировать положение фигур на доске. Когда предъявляемая позиция происходила из оригинальной партии (*middlegame* – середина игры, когда много фигур на доске), Х. Берлинер показал значительное превосходство над игроком класса А, который, в свою очередь, лучше запомнил расположение фигур, чем начинающий игрок. Интересен тот факт, что Х.Берлинер не намного лучше запомнил положение беспорядочно расположенных фигур на доске, чем игрок класса А и даже начинающий. Авторы (Chase, Simon, 1973) пришли к выводу, что превосходство Х.Берлинера в случае естественной партии происходит из способности фрагментировать сложность шахматных конфигураций в более простую форму. Объяснить это можно таким примером. Если нужно запомнить телефонный номер 289-468-7883, без записи это сделать трудно, так как оперативная память человека составляет лишь 7 – 9 единиц (а цифр в данном случае 10). Но если этот же номер перевести в соответствующие буквы, его легко можно запомнить: BUY-HOT-STUF (хотя и с ошибкой в слове STAFF). Теперь вместо 10 цифр в памяти нужно хранить лишь 3 осмысленных слова. Количество информации не изменилось, однако теперь эта информация легко вписывается в способность нашей рабочей памяти, где занимает уже всего три ячейки вместо десяти!

Этот процесс деления на более мелкие фрагменты – смысловые элементы способствует приобретению некоторыми выдающимися людьми казалось бы невозможных интеллектуальных умений. Например, Шакунтала Деви способна в уме за очень короткое время (несколько секунд) произвести сложнейшие вычисления, за что и была внесена в книгу рекордов Гиннеса. Так, увидев номер 720, она немедленно прочла это как  $6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1 = 6!$ , иными словами 6 факториал. За счет своей феноменальной способности фрагментировать легко и быстро

огромные цифры она может запоминать и видеть скрытые взаимосвязи среди этих цифр (Simonton, 1994, p.66).

При изучении шахматистов Чейз и Саймон (Chase, Simon, 1973) пришли к выводу, что мозг великих шахматистов (иными словами, их память) напичкан различными смысловыми элементами в количестве от 10 000 до 100 000. Авторы оценили, что большинство выдающихся специалистов в своей области знания в среднем имеют в памяти около 50 000 смысловых элементов, которые составляют основу их сферы деятельности. И это не такое уж чудовищное количество, как может показаться на первый взгляд.

Хорошо образованная личность имеет пассивный словарь приблизительно такого же размера, значит большинство людей имеют потенциал для высших достижений. Дело только в том, что необходимо время, чтобы приобрести и сохранить в памяти все эти смысловые элементы соответствующей области знания. Возникает вопрос: насколько долго нужно трудиться, чтобы ассимилировать в памяти эти 50 000 смысловых элементов специальных знаний? Оказывается, Моцарту понадобилось 12 лет упорного труда, прежде чем он создал свой первый шедевр. Для чемпионов мира по шахматам этот период составляет порядка 10 лет. Обычно те, кто начал свою карьеру раньше, раньше же и создал свой первый шедевр; те, кто начал позже, и свой первый шедевр создали соответственно позже. Саймонтон приходит к заключению (Simonton, 1994, p.67-68), что будущим музыкальным гениям необходимо в среднем 10 лет, чтобы ассимилировать в своей памяти 50 000 смысловых элементов для истинно оригинальной и эффективной креативности. Автор смело заявляет: *нет преград для гениальности*. Человек, который имеет цель достичь чего-то стоящего в жизни, должен *интенсивно* учиться, заниматься научной деятельностью или практически работать над избранной проблемой не менее 10 лет. Феноменальной памятью могут также обладать некоторые из

Феноменальной памятью могут также обладать некоторые из детей, больных аутизмом. Аутизм характеризуется заметным нарушением социального взаимодействия и резким сокращением круга активности и интересов. Обычно в возрасте от двух до четырех лет мозг аутиста сильно увеличивается в объеме, затем в некоторых областях мозга развитие замедляется, а

в других вообще прекращается. Сейчас считается, что причина генетическая. Однако, примерно у 10% таких малоразвитых детей могут развиться сверх-способности. Такой талант большей частью очень специализирован. В медицинской терминологии проявление у нездорового человека исключительного дара в какой-то одной, очень узкой области знаний носит название “синдром саванта” (от фр. *savant* – ученый). Таких людей в мире немного, может быть порядка 50 человек. Наиболее частые проявления савантизма: уникальные способности к арифметическим вычислениям, изобразительному искусству или музыке. Всем этим специфическим способностям всегда сопутствует необыкновенная память. Кажется, любую информацию, схватываемую кратковременной памятью, саванты могут хранить также в долговременной памяти. Они способны замечать невероятное количество тривиальных деталей, таких как номерные знаки и расписание поездов, и кажется, просто не в состоянии забыть эту информацию. Но выдающейся памятью не исчерпывается объяснение синдрома савантов, они действительно обладают каким-либо талантом (Свааб, 2014).

Обычно саванты имеют очень низкий уровень интеллекта, однако Дэниел Тэммет в детстве страдал необычной формой аутизма с высоким уровнем интеллекта. У него непостижимый талант к счету и иностранным языкам. Он установил рекорд, устно и без единой ошибки вычислив за 5 часов 9 минут 22514 десятичных знаков числа пи. Весь этот числовой ряд он в течение трех месяцев выучил наизусть. Аутисты часто мыслят преимущественно образами. Для Тэммета цифры и слова могут иметь “форму, цвет, текстуру”. Так, свой день рождения среду 31 января он видит в синем цвете. Тэммета делает уникальным савантом прекрасная способность к общению, что практически отсутствует у других людей с этим синдромом. Поэтому ему удалось проникновенно рассказать в своей книге “Рожденный в печальный (синий) день” об одиночестве в детские годы, о том, как сильно хотелось ему иметь друзей, тогда как он находился в полной изоляции из-за того, что не был похож на других. В его книге повествуется о том, чего бывает лишен ребенок с такими способностями, сколько препон встречает он в своем развитии и как ему удается шаг за шагом преодолевать множество своих социальных изъянов, чтобы в конце концов стать совершенно самостоятельным взрослым человеком. Тэммет зарабатывает тем, что ведет курсы иностранных языков по Интернету, так как общаться через Интернет ему, как аутисту, легче, чем разговаривать непосредственно с собеседником (Свааб, 2014; Кузина, 2014).

Таланты савантов достигают высокого уровня еще и потому, что они способны максимально концентрироваться и тренироваться буквально как одержимые. Но важнее всего наличие у них таланта. Довольно часто таланты савантов с возрастом исчезают. Дэниел Тэммет здесь представляет собой исключение. С развитием социальных способностей его таланты к счету и к языкам отнюдь не исчезли. У Тэммета во всех отношениях действительно выдающийся мозг (Свааб, 2014, с. 267-268).

Существуют различные теории относительно нейробиологической природы синдрома саванта. Выдающиеся способности, связанные с этим синдромом, почти никогда не развиваются, если при этом речь не идет о повреждении мозга преимущественно в левом полушарии. Из-за этого становится возможным укрепление связей с другими структурами мозга, что приводит к поразительным возможностям зрительной коры, участка, где происходит осознание зрительных образов. И действительно, например, Ким Пик родился с левосторонним повреждением мозга. В его мозге отсутствовала связь между левым и правым полушариями (так называемое мозолистое тело). Мгновенно он прочитывает одновременно две страницы книги, каждым глазом отдельно. Он прочел 9000 книг по истории США и помнит их наизусть. Однако он не в состоянии жить самостоятельно. Его отец помогает ему в течение всего дня.

Ким Пик является прототипом главного героя в фильме “Человек дождя”. Отсутствие у человека мозолистого тела – мощного пучка нервных волокон, соединяющих левую и правую половины мозга, встречается весьма редко и далеко не всегда приводит к функциональным нарушениям. Возможно этот дефект позволяет мозгу работать как одному гигантскому полушарию, совмещая под одной “крышей” функции, которые в норме разделены. Ученые часто шутят, что у мозолистого тела всего две функции – служить проводником эллиптических припадков и не давать мозгу развалиться на две половинки. Однако тот факт, что одни, лишённые мозолистого тела от рождения, не страдают никакими нарушениями, а другие приобретают феноменальные способности, свидетельствует о том, что роль данной структуры намного сложнее. Поражением левого полушария ученые объясняют, почему у мужчин чаще, чем у женщин, возникает не только данный синдром саванта, но также и дислексия, заикание, задержка речи и аутизм. Эти патологии предположительно имеют две причины. Во-первых, у эмбриона мужского пола более высокий уровень тестостерона, который может оказывать токсическое воздействие на развивающуюся нервную ткань. Во-вторых, левое полушарие развивается медленнее, чем правое, а потому дольше остается уязвимым. Ученые предполагают, что когда левое полушарие по тем или иным причинам не может функционировать должным образом, правое компенсирует дефект, развивая новые способности и привлекая к работе нервную ткань, изначально предназначенную для других целей. Возможно и то, что поражение левого полушария просто позволяет раскрыться дремлющим способностям правого, высвобождая их из-под “тирании” доминирующего левого полушария (Кузина, 2014, с. 274-275).

## **2. Структура системы памяти**

*Память – это чудовище; вы забудете, она – нет. Она все архивирует. Что-то она сберегает для вас, а что-то прячет, а потом вдруг предъясляет по собственному желанию. Вы думаете, что вы обладаете памятью, на самом деле это она владеет вами.*

*Джон Ирвинг.*

“Нет ничего более особенного в нашем взаимодействии со временем, чем тот факт, что мы живем только в настоящем. Ни в один момент времени мы не можем иметь контакта с прошлым, потому что прошлое уже больше не существует, и мы не можем иметь контакта с будущим, потому что будущее еще не пришло в наше существование. Мы неизбежно и полностью являемся узниками настоящего. <...> Вся когнитивная деятельность при ближайшем рассмотрении является восстановлением прошлого” (Leyton, 1992, p. 1).

В жизни индивида и общества события прошлого регистрируются на бумаге (пергаменте, глине, камне, флэшке...) и в мозге отдельно взятого человека. В обоих случаях события, протяженные во времени, оказываются представленными на пространстве того материала, на котором пишется летопись, или в пространстве мозга. Благодаря обоим этим хранилищам памяти, мы становимся в большой мере, если не абсолютно, независимыми от времени – можно извлечь события из внешней, или внутренней, мозговой памяти целенаправленно, не затрагивая ни более ранние, ни более поздние события. Обычно мы оперируем кладовой нашей памяти – лучше или хуже – индивидуально, в зависимости от всемогущей химии мозга и, как ни грустно, от возраста. Нередко память нам навязывает приятные или неприятные события далекого или недавнего прошлого (Бехтерева, 2014).

“Однако, наша мыслительная деятельность была бы невозможна без избирательной активации памяти. Луч активации, поступающий от неэмоциогенных и эмоциогенных активирующих структур, более или менее услужливо доставляет нам “кирпичики” для мышления, для анализа, сопоставления, обобщения и т.д. Чаще всего в обыденных условиях обходится без активации эмоциогенных структур мозга. В экстремальных условиях, скорее всего, основное активационное влияние исходит от эмоциогенных структур” (Бехтерева, 2014, с. 259).

На протяжении истории философии и психологии было сделано немало попыток сформулировать существо самой проблемы памяти. Эти представления связаны со стремлением к осмыслению временной последовательности. Так, важнейшим тезисом Аристотеля является указание на специфический объект памяти, а тем самым и установление связи понятий памяти и воспоминания с одной

стороны, и понятия времени – с другой: объектом наших надежд является будущее; объектом ощущений и восприятий – настоящее, а объектом памяти – прошлое. Память есть восприятие прошлого ощущения. Из этого факта непосредственной связи памяти с отсчетом времени, естественно вытекает и столь же непосредственная связь памяти и движения. Аристотель акцентирует роль движения в связи со способностью его переходить от одного к другому, образуя привычные последовательности. Поэтому наиболее легкими для воспоминания являются вещи, находящиеся в определенном порядке, как, например, в математике (Роговин, 2007, с. 7-8).

Платон впервые ввел понятие “следов” памяти. По его учению, в душе каждого имеются покрытые воском дощечки, у одного побольше, у другого поменьше. Плотин является последователем Платона в смысле согласия с ним о воспоминании душой ее “прежнего существования”. Однако, если у Платона – воспоминание – результат “отпечатка”, то Плотин отвергает понимание памяти как способности хранить впечатления. Память для него – это психическая сила, проявляющаяся в тот момент, когда душа, “вспоминая”, переходит из пассивного состояния в активное. Плотин приводит ряд чисто психологических доводов для подтверждения своей динамической концепции: необходимость усилия при запоминании, роль при этом повторений, ослабление памяти у стариков. Плотину также принадлежит идея того, что память есть основа самосознания личности (там же, с. 10).

Святой Августин, рассматривая память как важнейшую способность души, прежде всего красочно описывает свое удивление и восхищение этой “таинственной кладовой”, в которой хранятся, не смешиваясь, неисчислимыя воспоминания – образы окружающего нас мира и переживания нашей собственной души (там же, с. 11).

И.М.Сеченов был первым, кто осознал *структурный характер* памяти – как важнейшей составной части всей познавательной деятельности человека. Сеченов со всей определенностью указывал на то, что память – основное условие психической жизни и что “она лежит в основе всего психического развития”. Сеченов писал, что

память зрительную и чисто осязательную можно назвать пространственной, слуховую же и мышечную – памятью времени (Сеченов, 1952, с. 185, 189).

Работы П.Жане, раскрывшие почти полностью игнорировавшиеся аспекты памяти – генетический и социальный, ознаменовали собой новый блестящий период ее изучения, осуществляемый параллельно с исследованием ее материального субстрата (“следов” памяти). Впервые была показана обусловленность памяти социальным поведением в ее неразрывной связи с осознанием течения времени и структурным оформлением в речи. Вместе с тем была раскрыта и роль памяти как средства овладения человеком своим собственным внутренним субъективным миром (Роговин, 2007, с. 124).

Известный классик в сфере изучения памяти Ричард Аткинсон рассматривал систему памяти как дихотомическое ветвление на кратковременную память (КВП) и долговременную (ДВП). Согласно его теории, к структурным компонентам памяти относятся: сенсорный регистр (СР), кратковременное хранилище памяти (КВХ) и долговременное хранилище памяти (ДВХ). Поступающая через систему рецепторов сенсорная информация попадает прежде всего в сенсорный регистр (СР), практически не подвергаясь переработке. В СР мозаичная сенсорная информация оказывается объектом *процессов распознавания образов*, в результате которых извлекаются признаки и формируются коды на основе синтеза этих признаков. В СР информация быстро утрачивается вследствие либо стирания, либо “списывания” вновь поступившей информацией. КВХ – это оперативная память ограниченной емкости, где формируется копия информации, образовавшейся на “выходе” процесса распознавания образов, или информации, содержащейся в ДВХ. В КВХ информация утрачивается, если только она не удерживается там с помощью специальных процессов управления – типа повторения или образного представления (Аткинсон, 1980, с. 276).

Пользуясь повторением, индивид способен удерживать информацию в КВХ неопределенно долго. Пока информация повторяется в КВХ, она сохраняется, но как только повторение прекращается, она начинает стираться. Период полу-стирания информации в КВХ (без повторения) составляет 10–15 сек. (Аткинсон, 1980, с. 212).



Большинство людей в состоянии удерживать в оперативной (иными словами, рабочей) памяти не более 7–9 цифр или знаков. Число предметов, понятий или знаков, которые возможно удерживать в рабочей памяти (то есть ее объем), может меняться в зависимости от времени и от состояния человека. В состоянии усталости или тревоги этот объем уменьшается и человек запоминает меньше единиц. Рабочая память достигает своего максимума в 30 – 40 лет, после чего ее возможности постоянно снижаются. (Фрит, 2010, с. 21).

Именно в КВХ осуществляется основная переработка информации. КВХ имеет, таким образом, вход как со стороны СР, так и со стороны ДВХ. О содержании КВХ можно говорить как о “текущем состоянии сознания” индивида. Содержащаяся в КВХ информация непосредственно доступна процессам управления (Аткинсон, 1980, с.276).

По-видимому, вся мыслительная деятельность человека также протекает через оперативную (рабочую) память. Если принудительно заполнить все свободные единицы рабочей памяти, то становится невозможной мыслительная деятельность. Так, доктор А.В. Курпатов (2003, с. 95) лечит ультрапарадоксальную фазу неврастения: “если мы одновременно заняты тремя вещами, то на четвертую наш мозг уже не способен ни при каких условиях, это его естественное ограничение. Поэтому, если вы идете (первое дело) и одновременно смотрите на то, что вас окружает (второе дело), а также, например, в то же самое мгновение слушаете звуки, раздающиеся вокруг вас (третье дело), то на мысль в вашем мозгу уже просто не остается вакансии. В таком состоянии думать просто невозможно”.

“Именно рабочая память быстро и сразу достает с “полок” сознания все необходимые данные, нужные для решения задачи. Физики, шахматисты и изобретатели должны сохранять множество мыслей одновременно, а “рабочая память” – это то место, где этими знаниями и мыслями можно манипулировать, чтобы упорядочить их и превратить в новые идеи” (Георгиев, цит. по Кузина, 2014, с. 182). “Между памятью и мышлением существует тесная связь, или даже и то, и другое можно считать проявлением одной и той же способности” (Роговин, 2007, с. 33). Именно в КВХ осуществляется основная переработка информации.

ДВХ, в свою очередь, является емким, и, в сущности, вечным хранилищем памяти. Содержащаяся здесь информация обычно не исчезает из системы, однако возможность ее дальнейшего использования определяется эффективностью процессов *поиска* и *извлечения*. Поступление и удержание новой информации может оказывать влияние на доступность старой информации (Аткинсон, 1980, с. 276).

Большая часть операций в системе памяти предполагает многочисленные преобразования и перенос информации из одного хранилища в другое. Причем, различные хранилища могут быть активированы одновременно и могут представлять собой разные фазы активации той же самой неврологической системы. В целом на протяжении всего времени пребывания информации в КВХ какая-то часть ее переносится в ДВХ. При этом если усилия индивида затрачиваются, в основном, на повторение в КВХ, в ДВХ будет перенесено сравнительно мало информации; если же он пытается каким-то образом перекодировать информацию, то значительная часть может оказаться перенесенной в ДВХ. Сохраняемая в ДВХ информация не стирается и хранится вечно. Правда, в некоторых случаях она может оказаться неизвлекаемой (Аткинсон, 1980, с. 277).

Хорошо известно, что некоторые из впечатлений или событий, которые произошли на фоне сильнейших эмоций при травмирующей ситуации, хранятся глубоко в памяти и становятся частью жизненного опыта индивида. Но если такие сильные впечатления не отрефлексированы (то есть не осознаны), они хранятся в скрытой памяти и обычно их невозможно извлечь позднее. Болезненные впечатления, хранящиеся в памяти без доступа к ним, беспорядочно вторгаясь в процесс сознания, могут вызывать беспокойство и страх, в результате чего индивид теряет способность контролировать самые обычные жизненные ситуации. В таком состоянии человеку может помочь искусство, когда эстетические впечатления поднимают на поверхность болезненные впечатления, хранимые в скрытой памяти, так что они могут быть отрефлексированы. При этом не воспоминания, как таковые, вызываются к жизни, но эмоциональная составляющая этих воспоминаний, которая усиливается, как если бы это было частью настоящего момента. Когда эти эмоциональные воспоминания связаны с визуальным воздействием предмета

искусства, они выплывают из скрытой памяти, осознаются и больше не оказывают негативного влияния на работу сознания. Духовный рефлексивный процесс эстетического опыта привносит, таким образом, гармонию в поток сознания и создает платформу для лучшего контакта с настоящей жизнью (Funch, 2007, p. 11-12).

Движение информации между тремя потоками (CP → KBX ↔ ДВX) находится в значительной степени под контролем индивида. Движение информации и перенос ее из одного хранилища в другое – это один и тот же процесс: копирование находящейся в одном хранилище информации, отобранной для хранения в другом хранилище. Такое копирование не предполагает удаления переносимой информации из места ее первоначального хранения. Информация сохраняется в том хранилище, из которого она переносится, и стирается там по законам, свойственным этому хранилищу (Аткинсон, 1980, с. 278).

*Обработка информации* происходит при изменении одной или нескольких ее характеристик. Например, если меняется только характеристика *время*, то происходит обработка информации, которая называется *хранением*. Если, например, меняется характеристика *пространство* (может одновременно и *время*), то обработка информации называется *передачей*. Если, например, меняется *материальный носитель* информации, то обработка называется *копированием*. Если меняются, например, *данные*, то обработка информации называется *обновлением* (Роберт, 2010, с.56).

Кроме того, существуют концепции памяти, в которых экспериментальные данные объясняются не в терминах хранилищ, а в терминах “уровней переработки” информации (Голицын и Петров, 2007). С этой точки зрения информация, поступающая в память, оказывается объектом непрерывного процесса организации и интеграции с другой информацией. Новая сенсорная информация доступна только в течение короткого времени, в то время как сильно переработанная информация (например, на уровне семантического представления) доступна в течение долгого времени. Голицын и Петров объясняют теорию функционирования памяти, исходя из представлений о многоуровневой структуре переработки информации. За счет

появления рефлексивных процессов на высшем этапе эволюции высокоразвитых организмов формируется многоуровневая (пирамидальная) структура переработки информации. Каждый уровень перерабатывает информацию, отсеивает несущественные сведения и передает “наверх” лишь их небольшую (обычно около 10%), но зато самую существенную – с точки зрения этого “верха” – часть. Верхний уровень осуществляет *управление* нижележащим уровнем и спускает “вниз” критерий отбора – в какой именно информации нуждается вышележащий уровень. Затем информация таким же образом поднимается на следующий уровень, и все повторяется. Из работы такого типа многоуровневой структуры переработки информации вытекает много следствий, принадлежащих к самым различным областям знаний: физиологии, психологии, логики, теории искусства и т.д. (Голицын, Петров, 2007).

Из принципа максимума информации Голицын и Петров дедуцировали необходимость *трех типов памяти*, в которых такая многоуровневая структура нуждается. При подъеме информации по многоуровневой структуре в ней протекают три типа процессов, и каждый из них необходимо обеспечить какой-либо памятью. Вот как эти *три типа устройств памяти* «порождаются» соответствующими тремя типами информационных процессов (Голицын и Петров, 2007, с. 146).

I. На каждом уровне постоянно идет регистрация поступающей текущей информации. Основным требованием здесь, очевидно, является *быстродействие*, что в особенности важно в так называемых экстремальных ситуациях, когда от быстроты и правильности переработки информации может зависеть сама жизнь организма. Поэтому необходимо иметь возможность быстро извлекать из памяти *нужную для данного момента* информацию и сопоставлять с ней новую информацию, поступающую в данный момент. Итак, здесь мы имеем дело с так называемой *оперативной памятью*, свойства которой у человека были изучены весьма тщательно. Эта ступень памяти отличается двумя свойствами:

– она срабатывает в десятые доли секунды; типичный пример: человеку показывают (на киноэкране) на мгновение набор каких-то предметов (стол, стул, шкаф, лампа и т.д.), и ему удается запомнить некоторые из них;

– объем этого типа памяти очень мал – только 7 – 8 единиц; в эксперименте человек может запомнить (из показанных на мгновение) именно такое количество предметов или даже меньше, но никак не больше. Это свойство памяти принято называть *магическим числом семь*, и оно имеет много откликов и проявлений в различных сферах человеческой жизни.

Как объясняется объем оперативной памяти? Благодаря тому, что *три* информационных *канала* являются минимально необходимыми для полноценного приема информации о каком-либо свойстве объекта (например, о цвете), а по каждому каналу можно передавать не менее *двух типов сигналов* (например, слабый либо сильный), образуются различные комбинации сигналов по этим трем каналам, – а это значит, что таких комбинаций может быть  $2^3=8$ . Это и есть тот *объем оперативной памяти* человека, который был зафиксирован в различных экспериментах. Кстати, у животных объем оперативной памяти гораздо меньше (в этом также проявился прогресс эволюции с информационной точки зрения!).

II. Диаметральнo противоположный характер имеют процессы *выработки критериев отбора* информации, которые нужно “спускать” на нижележащий уровень. Эти критерии должны быть основаны на всем опыте, накопленном организмом (а точнее, данным уровнем переработки информации) как на протяжении всей его жизни, так и на протяжении жизни его предшественников. А раз главное здесь – жизненный опыт, то основным требованием становится как можно *большой объем памяти*. И здесь не так важна скорость, с которой можно извлекать из этой памяти информацию: переработка информации, хранящейся в ней, протекает постоянно, и лишь изредка результаты этой переработки (т.е. полученные новые критерии отбора) спускаются на нижележащий уровень. Главное условие данной ступени памяти – чтобы информация могла в ней накапливаться, *храниться очень долго* и иметь большой объем. И действительно, экспериментальной психологии хорошо известен подобный вид памяти – это так называемая

**долговременная память.** Она имеет практически неограниченный объем и хранит все: и то, что поступило в нее очень давно, и то, что поступило совсем недавно.

III. И, наконец, промежуточный характер предъявляют к памяти процессы **передачи информации на вышележащий уровень.** Здесь, с одной стороны, желательно передавать на вышележащий уровень достаточное, хотя и не очень большое (чтобы не “загромождать” его излишней информацией) количество информации, которую нужно запомнить и передать. С другой стороны, нужно передать информацию достаточно быстро, без особых задержек, чтобы не замедлить деятельность информационной структуры. Иными словами, чтобы обеспечить процессы такого типа, необходимо **промежуточное** (и по объему, и по быстрдействию) звено – между теми двумя типами памяти: **оперативной** и **долговременной.** И этот тип памяти также известен в экспериментальной психологии – как **вторая ступень** памяти. Ее объем гораздо больше, чем у первой ступени, но зато она работает в более медленном режиме – от десятых долей секунды до нескольких секунд (Голицын и Петров, 2007, с. 147). Таким образом, все **три ступени памяти,** известные в экспериментальной психологии, существуют отнюдь не случайно, находятся в полном соответствии с требованиями, предъявляемыми многоуровневой информационной структурой (там же).

Можно сказать, что в свете современных научных данных в проблеме памяти переплелись важнейшие вопросы биологии, неврологии, психологии, психиатрии, социологии, философии и культурологии. Многогранность и сложность системы памяти предопределяет возможность ее расчленения с самых разнообразных точек зрения. Некоторые виды памяти выступают как дихотомические ветвления. Например, память произвольная и память произвольная. Так, произвольный тип памяти срабатывает без участия внимания человека. Например, можно запомнить фрагмент услышанной по радио песни, и мурлыкать ее целый день. Инстинктивные поступки – также проявления произвольной памяти. Для произвольной памяти необходимо активное участие внимания и некоторые усилия, когда поставлена цель что-то запомнить. Например, этот тип памяти необходим для подготовки к экзамену или при выучивании стихотворения. Дихотомия памяти механической и логической,

как правило, проявляется в трудности механического запоминания, не опирающегося на внутреннюю логику воспринимаемого явления. В то время как логически связанные элементы (например, формулы в математике) запомнить гораздо легче (Роговин, 2007, с. 24).

Кроме того, систему памяти можно подразделить на 4 вида:

– двигательная память, благодаря которой мы способны запоминать движения, мы ходим, дышим и даже можем научиться танцевать, писать быстро, водить машину и многое другое. Благодаря мышечной памяти спортсмены оттачивают свое мастерство;

– словесно-логическая (или смысловая) память помогает запоминать тексты и речи. Чтобы развить этот вид памяти, нужно искать смысловые цепочки, ассоциации, связи новой информации со старой, понятной нам;

– образная память, благодаря которой человек способен запечатлеть изучаемый предмет на основе первых впечатлений с помощью зрительных, слуховых или осязательных рецепторов. Этот вид памяти невероятно важен для творческой деятельности;

– эмоциональная память помогает запомнить яркие эмоциональные состояния, которые приходилось испытывать в прошлом. Она срабатывает, когда человек просматривает старые фото или видеозаписи, вызывая приятные воспоминания (Блонский, 2007).

Из вышеописанных свойств памяти вытекают некоторые ее законы:

1. Закон осмысления – чем проще понять смысл информации, тем проще запомнить ее;

2. Закон интереса – чем привлекательнее, важнее, интереснее информация, тем легче ее запомнить;

3. Закон установки – запомнить информацию легче, если дать себе установку на то, что ее необходимо запомнить;

4. Закон незавершенности – изложение информации незавершенными фразами или действиями заставляет слушателей лучше запомнить ее. В процессе

запоминания незавершенного включается воображение, которое пытается завершить фразу или действие;

5. Закон контекста – усвоение информации происходит легче при связывании ее с уже известными, знакомыми понятиями при помощи ассоциаций;

6. Закон длины ряда – длина запоминающегося ряда – отрывка стихотворения, фрагмента речи и т.д. – должна быть не больше, чем объем оперативной (рабочей) памяти этого человека. В любом случае запоминать короткие фразы легче;

7. Закон торможения – во время изучения похожих понятий иногда возникает эффект “перекрытия”, при котором старая информация перемешивается с новой;

8. Закон края – то, что происходит или говорится в начале или в конце, запоминается гораздо лучше всего остального;

9. Закон повторения – чтобы информация лучше запоминалась, ее нужно чаще повторять;

10. Закон действия – информация, которую нужно усвоить, необходимо закрепить на практике.

### **3.Хранение информации: кодирование (от образа к знаку)**

*Искусство знаков или искусство обозначения представляет собой чудесное пособие, так как оно разгружает воображение... Следует заботиться о том, чтобы обозначения были удобны для открытий. Это по большей части бывает, когда обозначения коротко выражают и как бы отображают интимную сущность вещей. Тогда поразительным образом сокращается работа мысли.*

*Лейбниц*

Р.Аткинсон считает, что количество и форма, в которой информация переносится из КВХ в ДВХ, зависит от принятой стратегии кодирования. Кодирование может значительно сократить ту эффективную область памяти, в которой осуществляется поиск. Незакодированное слово или перцептивный образ приходится искать среди множества всех слов или запечатленных образов, тогда как наличие кода ограничивает поиск путем ассоциаций с одним или двумя элементами. Кодирование может внести некоторый порядок в случайный поиск, а также значительно увеличить количество хранимой информации (Аткинсон, 2007, с. 278).



Автор различает два класса кодов: перцептивные (*П-коды*) и концептуальные (*К-коды*). *П-коды* организуются в СР из мозаики сенсорной информации, благодаря процессам распознавания *образов*. *П-коды* имеют важное значение для внутреннего представления объектов среды и связей между ними. Например, *П-код* стола – это образ конкретного стола, определенной формы, материала, цвета и т.д. Однако, перцептивные коды не могут полностью обеспечить функционирование памяти.

Существуют коды более высокого порядка, концептуальные коды (*К-коды*). В этом случае *концепт* стола – это вся информация, накопившаяся в памяти индивида в результате его опыта в отношении различных столов. В ДВХ существует структура, называемая концептуальным хранилищем (КХ). В КХ локализованы особые структуры памяти, называемые *узлами*. Каждый такой *узел* представляет собой совокупность различных *П-кодов* для слова и объекта (если таковой существует), соответствующих *К-коду*, также содержащемуся в этом *узле*. Например, в узле “стол” содержится *К-код*, представляющий собой сокращенную запись концепта “стол” и связанные с ним различные *П-коды*, формирующиеся при восприятии либо реального стола, либо слова “стол”, написанного на бумаге, либо произнесенного кем-то слова “стол” и т.п. (там же, с. 281).

Г.Голицын также рассматривает бинарную оппозицию *образ* и *знак* (или *понятие*). Благодаря переходу восприятия от *образа* к *знаку* становится возможным увеличение объема восприятия за счет иерархической организации самого материала восприятия. Как уже отмечалось, оперативная (рабочая) память человека способна одновременно воспринять и запомнить 7-9 разрозненных букв. Но если организовать эти буквы в слова, а слова – во фразы, а фразы – в осмысленный текст, то объем восприятия (число воспринимаемых букв) резко расширится. Причина в том, что в качестве “элементов” здесь выступают уже не буквы, а более крупные единицы – слова, фразы. И хотя число таких субъективных “элементов”, которые способен воспринять человек, остается по-прежнему 7-9, число воспринимаемых “объективных элементов” – букв – намного возрастает (Голицын, 1997, с. 225).

Итак, под *образом* понимается конкретное представление, все признаки которого заданы достаточно определенно. *Понятие* же – представление

абстрактное, часть признаков которого остается неопределенным. Различия в свойствах *образа* и *понятия* во многом определяют особенности двух типов мышления – интуитивного (образного) и логического (понятийного) и в конечном счете составляют основу *различия двух культур* – гуманитарной и научно-технической. *Образ* является *аттрактором*. Именно этим объясняется эффективность образных методов в обучении и решении творческих задач. У логических методов есть, конечно, свои достоинства, иначе бы они не выжили в ходе “естественного отбора”. Но все же логика не обладает такой чувствительностью к близости цели, как интуиция. При этом *понятие* аттрактором не является (Евин, 2009).

*Понятие* целиком охватывает весь класс описываемых объектов, включает в себя все возможные значения признаков, принадлежащих объектам. *Образ*, в отличие от *понятия*, описывает только один объект этого класса, но объект типичный, способный представлять весь класс. Такой объект, естественно, обладает только одним значением каждого из признаков. Например, понятие треугольника охватывает треугольники остроугольные, прямоугольные, тупоугольные. Образ же треугольника может обладать лишь одним каким-либо значением этого признака, например, быть остроугольным. Следовательно, остальные значения признака из рассмотрения исключаются. Так, для решения творческой задачи характерно *расширение* круга рассматриваемых представлений, в то время как для образного мышления характерно *сужение* этого круга.

Подобная эволюция – от образных представлений к абстрактным *понятиям*, от *образа* – к *знаку*, характерно для многих естественных и искусственных языков: переход от пиктографического (рисуночного) письма к идеографическому; язык радиосхем – от наглядных изображений катушки, лампы, конденсатора – к условным символам. Эта символизация, освобождение от образности, переход от *образа* к *понятию* и изображающему его *знаку* – процесс закономерный. Он возник как необходимость, как средство более эффективного решения встречающихся в жизни творческих задач. Он расчистил путь к возникновению языка, математики, логики и абстрактного мышления – мышления понятиями (Голицын, 1997, с. 229).

Почему же *знак* оказался “усилителем” психических способностей человека? Основа этого преимущества – в самой природе *знака*, как средства обозначения, то есть произвольного соотнесения *знака* с предметом. Форма *образа* привязана к форме предмета. *Знак* независим. Слово “кот” ничем не похоже на реального кота и не вызывает представлений у человека, владеющего другим, нежели русский, языком. Следовательно, возможность оперирования *знаками* гораздо шире, чем *образами*. *Знак* может представлять не только отдельный предмет, но и совокупность предметов, причем совокупность столь большую, что ее невозможно представить себе в виде *образа*.

*Знак* может представлять явление, не имеющее видимого *образа*, например, часть, признак, абстрактное свойство, которые невозможно вообразить отдельно от предмета. Одним из условий, обеспечивающих дискретность и предотвращающих слияние различных знаков, является жесткая и неизменная форма знака (как в азбуках, словарях, каталогах знаков и др.). Жесткость знака позволила сделать символическое мышление более надежным, чем образное, благодаря чему стали возможны логика и математика, позволяющие интегрировать воедино огромные совокупности фактов. Жесткость знака сделала передачу информации во времени (память) и пространстве более точной и надежной. *Знак* обладает *большой* точностью в представлении количественных величин. Так, невозможно отличить образ 99 точек на плоскости от образа 100 точек, однако, как можно видеть, представляющие их знаки хорошо отличимы (Голицын, 1997, с. 230).

Знаковой системе свойственна рефлексивность, или возможность использовать *знак* для обозначения другого *знака* или группы *знаков*. Так, трудно отличить число 10000000000000000 от 10000000000000000 – приходится считать нули. Но благодаря свойству рефлексивности знаков, можно обозначить число знаков (нулей) новым знаком и написать:  $10^{16}$  и  $10^{15}$ , которые легко различить. Следовательно уже сама необходимость перекодирования информации выводит нас за пределы образности и ведет к символизации.

Это свойство знаков широко используется в математике, физике, химии и других точных науках. Но еще важнее, что эта способность к переобозначениям и

подстановкам позволяет создавать разветвленные дедуктивные системы, охватывающие и связывающие в единое целое широкие области фактов (Голицын, 1997, с. 231). Так, в математических формулах преобразование, замена слов значками, символизирующими математические объекты и отношения ( $x$ ,  $y$ ,  $+$ ,  $-$ ,  $\Sigma$  и т.д.) ведет к огромной экономии ресурсов места, времени, количества символов. Сложная система отношений, занимающая при словесном описании несколько страниц, может быть представлена в виде формулы – наглядной, компактной, одномоментно воспринимаемой и легко запоминаемой! Такая формула – это в сущности тот же *образ*. Здесь *знак* возвращает *понятию* утраченную наглядность и открывает возможность для интуиции на новом интеллектуальном уровне (там же, с. 233). В формулах высоко ценится и поощряется простота, компактность, ритм, симметрия – все это делает *образ* эффективным, экономит ресурсы и стимулирует интуицию. Иногда человек делает зарубку или завязывает узелок “на память”. Он интуитивно чувствует, что внешний *знак* в принципе лучше передает ему информацию во времени, чем расплывающийся внутренний *образ*. (Правда, нужно еще вспомнить, что сей знак обозначает?!). Проблема интерпретации – это плата за независимость *знака* и произвольность его соотношения с предметом (там же, с. 234).

Логика, опирающаяся не на *образ*, а на *знаки*, позволяет временно “отключить” воображение и интуицию. Новый управляющий уровень – *сознание* – обеспечивает человеку возможность управления, принудительного изменения представлений, складывающихся на интуитивном уровне. История математики, физики, техники дает многочисленные примеры того, как простое отрицание одного из привычных, автоматически подразумеваемых свойств искомого представления позволяло сразу решить задачу. Переход на символический уровень мышления, на рельсы грамматики и логики освобождает человека от власти привычных ассоциативных связей между представлениями (там же, с. 237).

#### **4. Хранение информации: признаки объектов**

Видимо, эволюция должна была идти как по пути *увеличения объема* получаемой информации, так и по пути *совершенствования ее переработки*.

Увеличение объема было связано, во-первых, с расширением “номенклатуры” свойств окружающего мира. Так, амеба способна получать сведения лишь о температуре и химическом составе окружающей среды, а высшие позвоночные могут оперировать данными о размерах, формах, цвете объектов и т.д. А, во-вторых, расширялась “дистантность” осваиваемого мира. Амеба имеет сведения лишь о своем ближайшем окружении, а орел способен получать информацию об объектах, удаленных от него на многие километры.

Итак, к организму поступает информация от различных объектов внешней среды, которую (или, по крайней мере, часть ее) нужно сохранить в памяти. В процессе эволюции должны, видимо, формироваться оптимальные способы такого хранения. Здесь мы остановимся на *двух способах*, являющихся ключевыми для любого живого организма (а впоследствии имеющих многократное эхо в культуре).

Как уже говорилось, простейшим механизмом хранения информации об объектах окружающего мира является использование непосредственно (в качестве элементарных единиц хранения) самих *образов* или их имен, названий (т.е. *знаков*). Однако с усложнением живых организмов и окружающей среды необходимо хранить информацию более экономно, т.е. используя меньшее количество образов или имен (*знаков*).

Наиболее естественный путь к развитию экономного *способа кодирования* получаемой *информации* – *сопоставление* различных объектов друг с другом. Другими словами, при получении информации о каждом новом объекте – имеет смысл закладывать на хранение не всю информацию об этом объекте, но лишь какую-то небольшую ее часть, только приращение информации о данном объекте, по сравнению с какой-то другой информацией об этом объекте или о другом объекте, похожем чем-то на этот.

Подробно данная проблема рассматривается в книге Г.А.Голицына и В.М.Петрова (2005, с. 101-103.) Например, человек видел в своей жизни много обычных волков, но вдруг встретил *очень большого* волка, который пытался на него напасть (обычно одинокие волки редко нападают на человека). В следующий раз, встретившись с волком очень больших размеров, человек должен учесть эту возможность нападения. Следовательно, на хранение в память можно заложить не всю информацию о данном волке, а только *часть информации* – о его величине и возможности

нападения на человека, а всю остальную информацию (о строении тела, цвете шерсти и т.д.) можно извлечь из памяти, хранящей большой запас наблюдений над обычными волками. Таким образом, этот новый способ формируется благодаря **сравнению** объектов друг с другом. В результате оказывается возможным (и даже выгодным) хранить в памяти не сами образы объектов, – но их **признаки** (параметры). **Признаки** эти могут быть самыми разными: цвет объекта, его размер, возможность практического использования и т.п.

Благодаря такому сопоставительному способу хранения информации объекты могут фиксироваться уже не сами по себе, а в роли **носителей** определенных **признаков** (свойств). И подобный способ хранения информации можно с успехом использовать практически. Например, такой признак, как пригодность мяса животного для питания, может быть очень полезным для охотника. В этой ситуации оказывается важным выделить в признаке пригодности мяса животного для питания две **градации**, т.е. разделить всех животных на два класса: те, мясо которых съедобно (медведь, олень, кабан, заяц), и те, мясо которых несъедобно (волк, рысь, белка, енот). Возможны и другие, самые различные разбиения – **классификации**. Каждая из таких классификаций выделяет в объектах окружающего мира какие-то **важные** для данного организма **свойства** и на основании этих свойств расчленяет множество объектов на группы – классы.

Уже одного этого преимущества классификации – ее непосредственной **полезности для практической деятельности** было бы достаточно, чтобы эволюция “изобрела” этот способ хранения информации. Но у него есть и другое важное преимущество – **экономичность хранения информации**. Например, упомянутые 8 лесных животных могут быть компактно описаны с помощью трех классификаций:

- по основанию, отвечающему опасности данного животного для человека; тут можно составить три класса: очень опасные, не очень опасные и совсем не опасные;
- по основанию, отвечающему пригодности мяса для питания человека; съедобные и несъедобные;
- по основанию, отвечающему способности данного животного перемещаться по деревьям: способные перемещаться по деревьям и неспособные перемещаться по деревьям.

Таким образом, каждое животное может быть описано с помощью трех терминов, соответствующих трем избранным классификациям. Например, медведь может быть описан как очень опасное животное, с мясом, пригодным для питания, и способное лазить на деревья. В результате таких классификационных разбиений любое животное из нашего примера можно описать с помощью 7 терминов, отвечающих названиям – именам, использованным в классификациях: трех имен первой классификации, двух имен второй и двух имен третьей классификации. Выгода, правда, пока что не очень большая: 7 имен вместо 8 имен при простейшем способе (когда в памяти хранятся непосредственно образы объектов). Однако если

имеется 64 объекта, то их можно очень экономно хранить в памяти, используя, например, 6 каких-то свойств (признаков), каждое из которых служит в качестве основания для разбиения объектов на 2 класса. В этом случае для описания любого из 64 объектов потребуется только  $6 \times 2 = 12$  имен (терминов). Экономия уже колоссальная, а именно в  $64:12=5,3$  раза! (Голицын и Петров, 2005, с. 104)

Итак, изобретение *хранения информации в виде признаков* – несомненно является одним из важнейших звеньев эволюции. И действительно, все созданные человеком информационные системы основаны именно на *признаках* объектов. Например, все существующие языки мира обладают звуковыми структурами, базирующимися на элементарных единицах – фонемах (Панов, 2011). Каждая фонема есть не что иное, как сочетание нескольких “*дифференциальных признаков*”. (Примеры таких признаков: звонкость-глухость, твердость-мягкость, краткость-продолжительность. Последний признак в особенности важен, в частности, для английского языка – например, известно сравнение двух слов: *full* и *fool*, – в произношении отличающихся лишь длительностью гласного звука, но столь различных по смыслу: полный и глупый!). Именно благодаря таким признакам можно отличать одни звуки речи от других, а следовательно, и воспринимать смысл сообщения.

Классификации, где объединены объекты, обладающие каким-либо существенным (для практики) свойством, принято называть “*мотивированными*” (Сухотин, 1983). Подобные классификации, конечно, важны для решения многих конкретных задач, – но они *не универсальны*: для каждой задачи нужна своя мотивированная классификация (одна для разделения животных по степени их опасности, другая – для разделения фруктов по степени их съедобности и т.п.). По-видимому, гораздо важнее другие – так называемые произвольные, или *немотивированные классификации*, главная задача которых – *экономичное хранение информации*. (В случае мотивированных классификаций эта задача была побочной, а главным было – разделить объекты по существенным, полезным признакам). Разумеется, немотивированные классификации обладают гораздо большей *универсальностью*, и потому-то именно они и оказываются важными для информационной эволюции.

## 5. Оптимальное кодирование: в мире бинарности и тернарности

*Число три свойственно всему тому, что обладает относительной самозаклученностью, – присуще заключенным в себе видам бытия. <...> Положительно, число три являет себя всюду, как какая-то основная категория жизни и мышления.*

*П.А.Флоренский*

Поскольку в случае **немотивированных** классификаций мы пользуемся **признаками** объектов, то необходимо решить вопрос о количественной мере каждого из таких признаков. Иначе говоря, если какой-то признак состоит из нескольких градаций (скажем, признак “громкость” может состоять из трех градаций: тихий звук, средний и громкий), то каким может быть **оптимальное число** этих **градаций**?

Возникает вопрос зачем же нужна такая **оптимизация**? Дело в том, что желательно максимально экономить те “ячейки запоминающего устройства”, которые используются для хранения информации. И при этом желательно, чтобы используемая **немотивированная** классификация позволяла отличать друг от друга как можно большее число объектов. Имеется несколько различных подходов к решению данной задачи, и все они приводят к одному и тому же результату. Пожалуй, наиболее изящный подход был разработан московским лингвистом Б.В.Сухотиным (1983).

Когда имеются несколько объектов, которые необходимо по разным признакам разбить на классы, используются признаки с разным числом градаций  $\alpha$ . Так, как мы уже знаем, громкость звука может быть описана тремя градациями ( $\alpha=3$ ), высота звука – двумя градациями (высокий, низкий;  $\alpha=2$ ). Именно подобные градации и приходится хранить в ячейках памяти – для того, чтобы каждый объект отнести к тому или иному классу. В теории классификации такие градации, как уже отмечалось выше, называются **именами**. И тогда **оптимизационная** задача сводится к комбинированию признаков таким образом, чтобы различать объекты разных классов, **используя минимальное число имен**.

Допустим, надо осуществить классификацию 18 объектов. Это можно сделать разными способами. Например, можно использовать два признака, первый из которых содержит три



градации, а второй – шесть градаций. Таким образом, мы имеем возможность описать  $3 \times 6 = 18$  разных объектов, т.е. как раз то, что нам нужно. *Сколько* же при этом используется *имен*? Совершенно очевидно, что это составляет  $3 + 6 = 9$  имен. Как видим, такое хранение информации более экономично, чем хранить в памяти образы всех 18 объектов. Ну а если обратиться к трем признакам, из которых два будут иметь по три градации, а один признак – две градации? В этом случае также имеется возможность описать те же 18 объектов, поскольку  $3 \times 3 \times 2 = 18$ . Но при этом мы используем уже только  $3 + 3 + 2 = 8$  *имен*, т.е. добиваемся некоторой экономии по сравнению с предыдущим вариантом.

Теоретически было показано, что максимально экономное хранение информации может быть достигнуто только при использовании *двухградационных* ( $\alpha=2$ ) и *трехградационных* ( $\alpha=3$ ) признаков. Иными словами, минимальное число имен получается, если пользоваться *бинарными* либо *тернарными* признаками, или же *комбинацией* бинарных и тернарных признаков.

Так, если надо подобрать какие-то признаки для хранения в памяти 30 объектов, – то выгоднее всего воспользоваться пятью бинарными признаками. Такая классификация способна охватить  $2^5 = 32$  объекта, что даже превышает требуемое количество 30. А память при этом будет загружена лишь  $2 + 2 + 2 + 2 + 2 = 10$  *именами*. (Если же использовать тернарные признаки, то их понадобятся четыре, и классификация способна будет охватить  $3^4 = 81$  объект, а имен понадобится  $3 + 3 + 3 + 3 = 12$ , т.е. тернарность в этом случае оказывается менее экономной.) Возможны также случаи, когда выгодно использовать сочетание бинарных и тернарных признаков: например, для 18 объектов выгоднее всего использовать два тернарных признака и один бинарный. В этом случае, как нетрудно рассчитать, потребуется 8 имен (тогда как для только бинарных или только тернарных шкал потребовалось бы 10 или 9 имен, соответственно). Значит, в любом случае нам надо ограничиться бинарными и тернарными признаками.

Впрочем, аналогичную модель хранения информации ранее разработал С.В.Фомин (1964), который исходил из того, что существует некая система (частным случаем является человек), имеющая задачу *закодировать информацию* о каких-то объектах, либо явлениях, чтобы сохранить и запомнить эту информацию.

Допустим, необходимо запомнить несколько объектов, используя некие параметры – шкалы с определенными градациями, и сумма этих градаций ограничена – она равна  $W$ . Значит, мы имеем  $W$  символов, которые требуется распределить по какому-то числу параметров. Но по какому? В данной модели считается, что все параметры должны быть “*равноправны*”, т.е. имеют одинаковое число  $x$  градаций – каждому параметру соответствует  $x$  символов. (Если  $x=3$ , то все параметры являются трехградационными (тернарными) и каждый из них “оккупирует” три

символа). Тогда нам придется иметь дело с числом параметров, равным  $W/x$  (в нашем анализе мы допускаем, что  $W$  и  $x$  могут принимать любые положительные значения, включая дробные и иррациональные). Но тогда общее число классов объектов, которые могут быть описаны при подобной классификации, составит  $y=x^{W/x}$ .

Эта функция имеет лишь один экстремум (где  $dy/dx=0$ ) – максимум, отвечающий значению  $x=e=2,718\dots$ . Иными словами, наиболее выгодно с точки зрения получения наибольшего числа классов  $y$ , при условии заданного ограниченного запаса исходных символов  $W$ , использовать параметры, каждый из которых имеет около 2–3 градаций. А поскольку число градаций должно быть целым, то это будут либо двух-, либо трехградационные параметры. Из рассмотренной модели становится очевидным, что применение *трехградационных (тернарных) признаков* имеет неоспоримое преимущество перед использованием признаков с другим числом градаций, а на втором месте стоит применение бинарных признаков.

К идее *превалирования тернарности*, ее главенствующей роли в сфере социально-психологических и культурных процессов, пришли многие авторы. Например, в фундаментальной монографии А.И.Степанова (2004) убедительно показано, что тернарность пронизывает все сферы социальной и культурной жизни; в частности, для нас стали привычными триады:

- время настоящее – прошлое – будущее;
- род мужской – женский – средний;
- трагедия – комедия – драма;
- геосфера – биосфера – ноосфера;
- палеолит – мезолит – неолит;
- христианство – ислам – иудаизм (главные монотеистические религии);
- католичество – православие – протестантизм (ведущие ветви христианства)...

Кроме того, ввиду информационной «выгодности» тернарности, она используется Природой и в *генетическом коде!*

Как известно, носителями генетической информации являются нуклеиновые кислоты. При этом дезоксирибонуклеиновые кислоты (ДНК) обеспечивают сохранение и передачу генетической информации. В их состав входят четыре основания: аденин (А), гуанин (Г), цитозин (Ц) и тимин (Т). Рибонуклеиновые кислоты (РНК) принимают участие в процессах генной экспрессии и биосинтеза белка. В их состав также входят основания А, Г, Ц, однако, вместо тимина (Т) в составе РНК находится урацил (У). ДНК имеет форму двойной спирали и состоит из двух полидезоксинуклеотидных цепей, каждое основание одной цепи связано с комплементарным

основанием другой цепи водородными связями, при этом А комплементарен Т, а Г комплементарен Ц. Иными словами, эти связи всегда выглядят так: А–Т, Г–Ц.

Генетический код представляет собой последовательность оснований, составляющих цепочку ДНК и кодирующих соответствующие аминокислоты, входящие в состав молекул определенных белков. Для того, чтобы хранящаяся в ДНК информация могла быть использована, ее необходимо переписать (транскрибировать) в последовательности РНК (так называемые матричные РНК – мРНК). Участки ДНК, кодирующие определенные белки, называются генами. [Установлено, что геном млекопитающих содержит, по крайней мере, 50000 индивидуальных генов, которые вместе составляют менее 20% суммарного ДНК генома. Функция “избыточных” последовательностей ДНК до конца не установлена.]

Поскольку в биосинтезе белка участвуют 20 аминокислот, “язык” нуклеиновых кислот должен содержать, по крайней мере, 20 слов (кодонов). Однако, в нуклеотидном “алфавите” имеется только 4 буквы (А, Т, Г, Ц для ДНК или А, У, Г, Ц для РНК), так что для получения 20 различных слов каждое должно состоять, по крайней мере, из трех букв. И действительно каждый кодон (кодирующий одну из 20 аминокислот) включает в себя три азотистых основания (триплет нуклеотидов). Иными словами, генетический код основан на однозначном соответствии каждого кодона (тройки нуклеотидов) определенной аминокислоте, т.е. является триплетным, или тернарным. Поскольку в триплетном генетическом коде для кодирования 20 аминокислот потенциально существует  $4^3 = 64$  кодона, большинство аминокислот записывается несколькими кодонами, т.е. генетический код является *избыточным*.

Синтез белка (трансляция) – это не переписывание информации, а переход от одной системы информации (нуклеотидная последовательность – четырехбуквенный язык) к другой (аминокислотная последовательность – двадцатибуквенный язык). В основе передачи информации лежит биологический код, своеобразный словарь для перевода, иными словами, *матрица памяти*. Генетический код является *непрерывным, неперекрывающимся* и по существу *универсальным*. За редким исключением, все организмы используют один и тот же код, то есть одну и ту же *матрицу памяти* для перевода с языка нуклеиновых кислот на язык соответствующих белков (Северин и др., 2000, с. 410).

Итак, как мы только что убедились, даже генетический код Природа создала по принципу тернарности, что также подтверждает универсальность этого принципа в Природе и обществе. Вероятно, “именно в тернарности корни многих свойств нашего мира, включая его трехмерность? А идя далее в этом направлении, быть может, удастся (Петров, 2008) найти ключ к знаменитому “антропному принципу” – загадке самого существования мира, в котором мы живем”?

Lidia A. Mazhul

### Memory as a basis for informational processes. I. Structure of the system

**Abstract.** The first step of the information processing is the so-called short-range (operative) memory which possesses limited volume – about 7-9 cells. Thinking is realized through this step, so if all its cells are occupied, then further information processing becomes impossible. Another step of memory (long-range one) is characterized by larger volume and duration of the information keeping. In order to provide better processing of the information transmitted from the short-range memory to long-range one, it is needed to use ‘simplifying coding,’ turning from images to the system of signs, taking into account the optimality of binary and ternary classifications.

**Keywords:** system, short-range memory, long-range memory, information, coding, signs, symbols, binary classifications, ternarity.

### Литература

Аткинсон Р. Человеческая память и процесс обучения. М.: Прогресс, 1980.

Бехтерева Н.П. Магия мозга и лабиринты жизни. М.: АСТ, 2014.

Блонский П.П. Память и мышление. М.: URSS, 2007.

Голицын Г.А. Информация и творчество: На пути к интегральной культуре. М.: Русский мир, 1997.

Голицын Г.А., Петров В.М. Информация и биологические принципы оптимальности: Гармония и алгебра живого. М.: КомКнига, 2005.

Голицын Г.А., Петров В.М. Информация. Поведение. Язык. Творчество. М.: ЛКИ, 2007.

Евин И.А. Искусство и синергетика. М.: Либроком, 2009.

Кузина С. Ген мозга. М.: АСТ, 2014.

Курпатов А. Средство от усталости. СПб.: Изд. дом «Нева», 2003.

Панов Е.Н. Знаки, символы, языки. М.: URSS, 2011.

Петров В.М. Тернарность в мышлении, культуре, искусстве: системно-информационные корни бессознательного. “Психология. Журнал Высшей школы экономики”, 2008, т. 5, № 4. С. 3-18.

Роберт И.В. Информация и информационное взаимодействие, их место и роль в современном образовании. «Мир психологии», 2010, № 3 (63). С. 54-67.

Роговин М.С. Проблемы теории памяти. М.: ЛКИ, 2007.

Свааб Д. Мы это наш мозг. СПб.: Изд-во Ивана Лимбаха, 2014.

Северин Е.С., Алейникова Т.Л., Осипов Е.В. Биохимия: Учебник. М.: Медицина, 2000.

Сеченов И.М. Рефлексы головного мозга. В сб.: Физиология нервной деятельности, т. 1. М., 1952.

Степанов А.И. Число и культура: рациональное бессознательное в языке, литературе, науке, современной политике, философии, истории. М.: Языки славянской культуры, 2004.

Сухотин Б.В. Классификация и смысл. В кн.: Проблемы структурной лингвистики – 1981. М.: Наука, 1983. С. 52-65.

Фомин С.В. Системы счисления. М.: Наука, 1964.

Фрит К. Мозг и душа. М.: Астрель, 2010.

Chase W.G., Simon H.A. Perception in chess. *Cog. Psychology*, 1973, vol. 4. P. 55-81.

Funch B.S. A psychological theory of the aesthetic experience. In: L.Dorfman, C.Martindale, & V.Petrov (Eds.), *Aesthetics and innovation*. Newcastle: Cambridge Scholars Publishing, 2007. P. 3-21.

Leyton M. *Symmetry, causality, mind*. Cambridge (Mass.); London: A Bradford book, 1992.

Simonton D.K. *Greatness: Who makes history and why?* New York; London: The Guilford Press, 1994.